ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 MARS 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur ALEXANDRE YERSIN, par M. **ALFRED LACROIX**.

Nous venons d'apprendre une nouvelle douloureuse, celle de la mort d'ALEXANDRE YERSIN, ancien Médecin colonel des troupes coloniales, Inspecteur général des Instituts Pasteur de l'Indochine, notre Correspondant pour la Section de Médecine, qui a consacré toute sa longue existence à des recherches fécondes en résultats de première importance pour les sciences, l'humanité et la prospérité de notre pays. Il fut, en même temps, un bactériologiste éminent, un explorateur intrépide, un agronome plein de hardiesse, de persévérance et de perspicacité, qui a donné la plus grande partie de sa vie à l'une des plus belles de nos colonies.

Né à Morges (Suisse), le 22 septembre 1863, il fit ses études médicales à Paris. Préparateur de Cornil à l'Hôtel-Dieu, en 1886, s'étant blessé au cours de l'autopsie d'un mort de rage, il suivit le traitement antirabique fonctionnant depuis un an. Frappé par son abord sympathique et son intelligence, le docteur Roux le fait entrer dans le laboratoire de Pasteur à la rue d'Ulm, puis à l'Institut Pasteur de la rue Dutot. Il y est pris comme préparateur anatomo-pathologiste pour les travaux sur la rage. Il ne tarde pas à être intimement associé par Roux à ses travaux sur la *diphtérie* et ce fut le début, non pas seulement d'une collaboration, mais d'une amitié fraternelle qui ne devait se dissoudre autrement que par la mort. Les *Annales de l'Institut Pasteur* ont publié, de 1888 à 1890, trois Mémoires des deux savants, Mémoires fondamentaux, bien vite devenus classiques, qui ont orienté la pathologie microbienne dans une voie nouvelle et conduit à la découverte des antitoxines.

En 1887, il obtient sa naturalisation. Docteur en médecine en 1888, il fait connaître alors deux travaux sur un mode d'évolution particulier d'infection sanguine du Lapin par le *Bacille tuberculeux bovin*; c'est la *tuberculose*, le type Yersin.

Si passionnante qu'était sa vie de laboratoire, elle ne lui suffisait plus; à la

fin de 1889, il est pris d'un violent désir de courir le monde qui le conduit à s'engager à la Compagnie des Messageries maritimes, en qualité de médecin, pour des voyages de Saïgon à Manille. Il débarque ensuite en Cochinchine, où il retrouve Calmette, qui venait d'y créer l'Institut Pasteur de Saïgon.

En 1890, toujours assoiffé d'aventures et d'imprévu, il entreprend l'*exploration géographique* du pays Moïs, s'étendant du Haut Donaï au Mékong, où nul Européen ne s'était aventuré jusqu'alors. Il pénètre, à pied, dans cette région sauvage, sans arme, sans escorte; grièvement blessé à l'entrée d'un village, il est contraint de rentrer à Saïgon, mais dès qu'il le peut, bien équipé cette fois, il repart dans la montagne où il rencontre mille difficultés entre l'Annam et le Haut-Cambodge; arrivé au Mékong, les pieds en sang, il doit être transporté en pirogue à Pnom-Penh, où il se rétablit à l'hôpital. Son exploration avait duré pendant près de 4 ans. Il en a rapporté le lever d'une carte qui, pendant de nombreuses années, fut la seule existante. Sur cette carte, se trouve le plateau de Lang-Bian où, sur ses conseils, le Gouverneur général P. Doumer se décida, en 1901, à créer une station de repos devenue la ville de Dalat.

En 1893, il entra dans le corps de Santé militaire des colonies.

En 1894, une grave épidémie de *peste bubonique* éclate en Chine, menaçant le Tonkin. Attiré par le danger, par le besoin de rendre des services humains et de faire de nouvelles découvertes, Yersin sollicita de Roux l'autorisation d'aller faire des observations à Hong-Kong. A travers des accidents sans nombre et des conditions effroyables, il fit cette découverte capitale que la *peste* est une maladie du *Rat*, transmissible à l'Homme et qu'elle est causée par un *Bacille spécial* dont il décrivit les caractères. Il obtint ce Bacille en culture pure, Bacille dit de *Yersin*, qui servit à la préparation du *sérum antipesteux* obtenu plus tard, en France, avec le concours de Calmette et de Borrel. Ce fut à Canton et à Amoy en Chine qu'en 1896, il alla lui-même démontrer la réalité et l'importance de ce sérum. Depuis cette épidémie, la peste a souvent été apportée dans les ports d'Europe et d'Amérique. C'est cette découverte de Yersin qui a permis d'en arrêter l'expansion et, en cela, elle rendit et rend encore un précieux service à l'humanité.

En 1895, dans un site merveilleux, Yersin a fondé à Nhatrang cet *Institut Pasteur* qu'il n'a pas cessé d'agrandir et de perfectionner. Il y a établi, depuis lors, sa définitive résidence et construit ses laboratoires de recherches : il ne l'a quittée qu'une fois, de 1902 à 1904, quand P. Doumer obtint de son dévoûment de venir à Hanoï pour y créer une École de médecine. C'est dans ce refuge, où il avait tant travaillé, réfléchi et rêvé, qu'il vient de mourir.

Là, définitivement spécialisé dans la *pathologie animale* et notamment dans la *peste bovine*, maladie épizootique très fréquente et très meurtrière en Indochine, et dans d'autres maladies, il ne tarda pas à voir que de telles recherches exigeaient de vastes espaces pour les animaux d'expérience et d'iso-

lement. Il fut donc conduit à organiser pour eux, aux dépens de la forêt, une concession de 500 hectares (1899) atteignant peu à peu 3000 hectares. Dès 1917, il a joint à ses recherches sur les animaux, des essais d'acclimatation de végétaux dans l'espoir d'en faire des sources de richesse pour l'union indochinoise : Coca, arbres à Gutta percha, Palmiers à huile, diverses espèces de Caféiers, Elæis etc. Deux de ces essais ont eu une très grande importance : la culture de l'*Hevea brasiliensis*, dont il alla chercher des graines en Malaisie et celle du *Cinchona lidgeriana*, dont les semences furent recueillies à Java. Yersin a eu le mérite d'avoir été le premier en Annam à entreprendre *méthodiquement et sur une grande échelle*, la culture de l'*arbre à caoutchouc*, en se basant sur une étude raisonnée du traitement qui lui est nécessaire et sur des expériences concernant es saignées et la coagulation de son latex.

Ses recherches sur l'acclimatation de l'*arbre à quinquina* lui ont coûté plus de vingt ans de patient travail, sans relâche, pour déceler les nombreux inconnus d'un problème fort difficile. On comprend, dès lors, pourquoi il s'est plongé dans maints genres d'études, météorologie, électricité atmosphérique, radiations solaires..., originellement éloignés de son domaine scientifique, et qui étaient indispensables à ses desseins. Le succès a récompensé sa peine et sa ténacité. Je me souviens de l'éloquence et de l'entrain avec lesquels, en 1927, il développait devant moi le souvenir de ses difficultés du passé et ses espoirs pour l'avenir, en me faisant visiter ses belles plantations de Dran et de Djiling, ainsi que ses organisations de Nhatrang.

Yersin était non seulement Correspondant de notre Académie qui lui avait attribué le Prix Le Conte, mais Associé national de l'Académie de médecine et Membre non résidant de l'Académie des sciences coloniales, Grand Officier de la Légion d'honneur et, en Indochine, membre respecté du Grand Conseil Économique et Financier de l'Union Indochinoise auquel il apportait sa solide expérience des questions coloniales, des hommes et des intérêts du pays. En 1936, le Conseil d'administration de l'Institut Pasteur de Paris lui avait envoyé, à travers les mers, le titre de directeur honoraire de la maison mère.

Aucun de ces honneurs n'avait entamé sa modestie. Peu de ceux qui, en dehors de l'Indochine, avaient entendu louer ses mérites, ne l'avaient vu de leurs yeux. Ne se plaisant que dans sa liberté, sous le ciel bleu de l'Annam, au milieu de ses plantations et de ses laboratoires, depuis longtemps il ne faisait plus que de rares apparitions dans la Métropole; quand il s'y décidait, ses visites se réduisaient à un séjour de quelques semaines et même parfois moins. A Paris, ses amis ne pouvaient le dépister qu'à son cher Institut Pasteur où il aimait à se réfugier. Les voyages maritimes lui paraissaient trop longs, aussi, en dépit de son âge, il les abandonna bien vite, dès que les avions lui permirent de gagner plus de quinze jours de perte de temps !

Bien peu d'hommes de science, contemporains de Yersin et encore vivants, ont été assez heureux pour avoir pu, à leurs débuts, comme lui, travailler,

sous les yeux de Pasteur. Il a fait honneur à ce maître illustre, à sa Maison, à la Science française.

Il emporte le respect ainsi que les regrets de l'Académie et de ceux qui ont pu l'approcher.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le magnésium de l'eau de pluie récoltée à Grignon.* Note de M. **Gabriel Bertrand**.

J'ai continué d'approfondir l'étude de la composition chimique de l'eau de pluie dont j'ai eu l'honneur, en 1935, de présenter les premiers résultats à l'Académie ([1]), cette étude paraissant devoir intéresser au plus haut point l'importante question du cycle des éléments à travers le monde minéral et le monde vivant, intervenir dans la solution de nombreux problèmes ayant trait au développement et à la santé des plantes, des animaux et de l'Homme.

Au début de mes recherches, j'avais comme objectif la détermination beaucoup plus précise qu'on l'avait faite jusqu'alors de la quantité de soufre contenue dans les eaux météoriques. Mon attention s'est portée dans la suite sur d'autres éléments, en particulier sur le magnésium auquel est consacrée surtout la présente communication.

Comme je l'ai décrit en 1935, de l'eau avait été récoltée directement dans de grandes éprouvettes cylindriques de verre, partiellement enterrées dans le champ d'expériences de l'École nationale d'Agriculture de Grignon. L'ouverture des éprouvettes était située à 40^{cm} au-dessus du sol. Pour éviter que des particules de terre rebondissent dans l'intérieur, lors de fortes averses, la surface du sol était recouverte autour de chaque récipient d'une couche épaisse de paille. La durée de la récolte avait été fixée à douze mois consécutifs ([2]). Pendant l'hiver, une certaine proportion d'alcool pur a dû être ajoutée afin de prévenir le gel de l'eau déjà rassemblée et la rupture des éprouvettes. Pendant la saison chaude, de petites algues et des infusoires se sont développés aux dépens des substances dissoutes. Il a fallu tenir compte de l'apport des poussières, composées principalement de sable et d'argile et de la formation des microorganismes pour décider du choix de la méthode d'analyse et pour interpréter au mieux les résultats.

Dans le cas du soufre, le contenu d'une éprouvette était transvasé dans un ballon et évaporé à sec par distillation dans le vide; le résidu était ensuite oxydé, comme pour le dosage du soufre total dans une plante ou de la terre, et le métalloïde précipité finalement à l'état de sulfate de baryum.

([1]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 309.

([2]) Je tiens à remercier M. Guérillot, professeur à l'École nationale de Grignon, du bienveillant et dévoué concours qu'il m'a apporté au cours de cette récolte.

Le dosage terminé, au lieu de jeter les eaux mères et de lavage du précipité barytique, j'en ai examiné la composition. C'est ainsi que j'y ai trouvé des quantités appréciables de magnésium ([3]).

L'eau distillée, l'alcool et tous les réactifs utilisés au cours des analyses ayant été purifiés par moi, ces quantités de magnésium ont retenu mon attention. J'ai d'abord supposé, ce qui était *a priori* très vraisemblable et, en tout cas, le plus simple, que ce magnésium avait pour origine essentielle les matières minérales provenant du sol situé au voisinage des éprouvettes et transportées à l'intérieur par le vent.

Un échantillon de cette terre, séchée et passée au tamis à maille de 1^{mm}, a été soumis à la même méthode d'analyse que le résidu des éprouvettes : il n'y a pas été trouvé une proportion de magnésium assez grande pour expliquer celle qui avait été dosée dans le résidu.

J'ai été amené ainsi à chercher si une partie du magnésium ne provenait pas directement de l'eau de pluie. En conséquence, j'ai analysé le contenu d'une troisième éprouvette en opérant, cette fois, séparément sur le liquide et sur le dépôt. En outre, au lieu d'attaquer ce dépôt par fusion alcaline, opération qui libère une grande quantité de silice, nuisible à la précision du dosage des éléments métalliques, je l'ai incinéré, puis traité par l'acide chlorhydrique dans des conditions suffisant à dissoudre le magnésium facilement attaquable. J'ai obtenu, après élimination des oxydes d'aluminium et de fer,

	Calcium.	Magnésium.
Dans le liquide.........	0,0884	0,0043
» dépôt..........	0,2029	0,0339
Total......	0,2913	0,0382

J'ai également cherché ce que la terre de Grignon, prélevée au voisinage de l'éprouvette et traitée de la même manière que le dépôt, pouvait avoir cédé aux réactifs, quelle part de ce métal trouvé dans l'analyse du contenu de l'éprouvette était, par suite, attribuable aux poussières terrestres apportées par le vent. Les chiffres ci-dessous ont été obtenus :

Calcium..........	1,68 % de terre
Magnésium........	0,29

En supposant, comme au sujet des deux précédentes récoltes météoriques, que le dépôt minéral de l'éprouvette ait été formé de la terre avoisinante, on calcule qu'il aurait donné à l'analyse $22^{mg},9$ de magnésium. Or, il en a été trouvé 38,2

Cette fois encore, le contenu total en magnésium de l'eau recueillie, des

([3]) On trouvera les renseignements analytiques et les résultats qui ne peuvent trouver place ici dans un Mémoire en cours de publication.

végétations qui s'y étaient développées et du dépôt minéral est supérieur, et très nettement supérieur, à la quantité de magnésium que le dépôt minéral seul aurait pu fournir à l'analyse s'il avait été constitué par de la terre.

Je me suis demandé, avant de tirer une conclusion ferme de ces résultats, quelle part du magnésium contenu dans le liquide filtré pouvait venir de l'action dissolvante de l'eau sur les poussières terrestres tombées au jour le jour dans les éprouvettes, et même sur le verre de ces éprouvettes.

Pour répondre à la première de ces questions, 6^{g} de terre fine de Grignon, non calcinée, ont été introduits dans un flacon de trois litres à bouchon de verre rodé, avec 2400^{cm^3} d'eau, redistillée sous pression réduite dans un appareil de verre. Pendant 15 jours le flacon et son contenu ont été agités de 8 à 10 fois chaque jour, à raison de 100 secousses chaque fois. A cause de la pureté de l'eau, les particules terreuses ne se sont jamais déposées entièrement dans les intervalles des agitations, même durant les nuits. L'action de l'eau sur ces particules a pu s'exercer ainsi beaucoup mieux encore que dans les éprouvettes servant à la récolte de l'eau de pluie, où les poussières étaient presque toujours au fond.

Après les 15 jours, durant lesquels ont été effectuées, au total, 11500 secousses, le liquide a été filtré et sur 2000^{cm^3}, correspondant à 5^{g} de terre, j'ai procédé à l'analyse. J'ai trouvé

	g
Calcium.........	0,0163
Magnésium......	0,0004

La quantité de magnésium dosée dans cette expérience-témoin est très au-dessous de celle, $0^{g},0043$, qui a été rencontrée dans l'eau filtrée de l'éprouvette.

Pour répondre à la seconde question, quatre litres d'eau redistillée ont été versés dans l'éprouvette n° 3. Cette éprouvette avait été, comme avant une récolte, brossée, passée à l'acide chlorhydrique et lavée à l'eau pure. Une fois garnie d'eau, l'ouverture avait été recouverte d'un cristalliseur renversé, lavé lui aussi à l'acide et à l'eau.

L'éprouvette ainsi préparée a été placée à l'extérieur d'une fenêtre du laboratoire, en plein midi, le 30 juillet. On l'y a laissée jusqu'au 30 octobre suivant, c'est-à-dire trois mois pleins.

L'eau est restée parfaitement incolore et limpide, sans trace visible à l'œil nu de microorganismes. Elle a été évaporée dans une capsule de platine avec $0^{g},20$ de carbonate de sodium pur et le résidu a été minutieusement analysé. On y a rencontré $0^{g},001$ de calcium et moins de $0^{g},0001$ de magnésium. Quand on récolte l'eau du ciel, il n'y a, pendant longtemps, dans l'éprouvette, à cause de l'évaporation entre les chutes météoriques, qu'un volume de liquide compris entre quelques dizaines et quelques centaines de centimètres cubes. Ce volume s'accroît passablement dans les périodes de fortes averses, mais il

dépasse rarement 2 à 3 litres, même à la fin d'une année. La mise en contact de 4 litres d'eau distillée avec la paroi de l'éprouvette, dès le début de l'expérience dont la durée a été de trois mois, suffit donc largement à démontrer, compte tenu du résultat de l'analyse finale, que ce n'est pas à une dissolution partielle du verre de l'éprouvette qu'il soit permis d'attribuer les proportions de magnésium mises en évidence dans l'eau de pluie.

D'après l'ensemble des expériences que je viens d'exposer, il semble donc bien que l'eau de pluie récoltée à Grignon renferme de petites quantités de magnésium en dissolution et que ces quantités ne sont pas attribuables exclusivement aux poussières terrestres du voisinage.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Physiologie générale du Muséum National d'Histoire naturelle, pour la première ligne, M. *Maurice Fontaine* obtient 33 suffrages contre 9 à M. *Henri Simonnet.*

Pour la seconde ligne, M. *Henri Simonnet* obtient 32 suffrages; il y a 2 bulletins blancs et 2 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse comprendra :

En première ligne.............. M. **Maurice Fontaine.**
En seconde ligne............... M. **Henri Simonnet.**

Dans la formation d'une liste de candidats à la place de Membre titulaire vacante au Bureau des Longitudes par la mort de M. l'Amiral *Pirot*, pour la première ligne, M. *Georges Durand-Viel* obtient 48 suffrages; il y a 2 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. *Frédéric Marguet* obtient 36 suffrages; il y a 3 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse comprendra :

En première ligne........... M. **Georges Durand-Viel.**
En seconde ligne........... M. **Frédéric Marguet.**

Dans la formation d'une liste de candidats à la place de Membre titulaire vacante au Bureau des Longitudes par la mort de M. *Émile Picard*, pour la première ligne, M. *Louis de Broglie* obtient 39 suffrages contre 6 à M. *Élie Cartan*.

Pour la seconde ligne, M. *Élie Cartan* obtient 34 suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse comprendra :

En première ligne............... M. **Louis de Broglie.**
En seconde ligne............... M. **Élie Cartan.**

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques correspondances symboliques.* Note de M. S. Colombo, transmise par M. Joseph Pérès.

La fonction $\nu(x)$, définie par la relation

$$\nu(x) = \int_0^\infty \frac{x^t\,dt}{\Gamma(t+1)}, \tag{1}$$

possède des propriétés intéressantes que l'on peut établir facilement par le calcul symbolique d'Heaviside.

D'après un résultat de M. Pierre Humbert (¹), on a la correspondance symbolique (²)

$$\frac{\varphi(\log p)}{\log p} \subset \int_0^\infty \frac{x^t f(t)\,dt}{\Gamma(t+1)}, \tag{2}$$

où

$$\varphi(p) \subset f(x).$$

En posant dans (2) $f(t) = a^t$, on a

$$\varphi(p) = \frac{p}{p - \log a}$$

et

$$\frac{1}{\log \dfrac{p}{a}} \subset \int_0^\infty \frac{x^t a^t\,dt}{\Gamma(t+1)},$$

d'où l'on tire immédiatement

$$\frac{1}{\log p} \subset \nu(x).$$

Il est évident que $\nu(x)$ tend vers une limite finie quand x tend vers zéro : or comme

$$\lim_{p \succ \infty} \varphi(p) = \lim_{x \succ 0} f(x),$$

on en déduit $\nu(0) = 0$. Ce qui permet d'écrire la correspondance

$$\frac{p}{\log p} \subset \nu'(x).$$

Par ailleurs l'on peut exprimer $\nu(x)$ au moyen de l'intégrale de Bromwich-Wagner,

$$\nu(x) = \frac{1}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \frac{e^{zx}\,dz}{z \log z}.$$

(¹) *Bull. Soc. Math. France*, 65, 1937, p. 119.

(²) Notations du Fascicule C du *Mémorial des Sc. Math.* (Mc Lachlan et P. Humbert).

Utilisons à présent la correspondance symbolique connue

$$\varphi(\sqrt{p}) \subset \frac{1}{\sqrt{\pi x}} \int_0^\infty e^{-\frac{t^2}{4x}} f(t)\, dt. \tag{3}$$

Nous en tirerons

$$\frac{2}{\log p} \subset \frac{1}{\sqrt{\pi x}} \int_0^\infty e^{-\frac{t^2}{4x}} \nu(t)\, dt,$$

d'où l'équation intégrale, vérifiée par $\nu(x)$,

$$2\sqrt{\pi x}\,\nu(x) = \int_0^\infty e^{-\frac{t^2}{4x}} \nu(t)\, dt.$$

Écrivons encore

$$\nu'(x) = \int_0^\infty \frac{t x^{t-1}\, dt}{\Gamma(t+1)},$$

et appliquons la formule $\Gamma(t+1) = t\Gamma(t)$: nous trouvons l'équation

$$\nu(x) - \nu'(x) = \int_0^{-1} \frac{x^t\, dt}{\Gamma(t+1)},$$

qui peut se généraliser sous la forme

$$\frac{d^m \nu}{dx^m} - \frac{d^n \nu}{dx^n} = \int_{-m}^{-n} \frac{x^t\, dt}{\Gamma(t+1)}.$$

On peut d'autre part étudier de la même manière les propriétés d'une fonction plus générale,

$$\mu_m(x) = \int^\infty \frac{x^t t^m\, dt}{\Gamma(t+1)},$$

définie symboliquement par

$$\mu_m(x) \supset \frac{\Gamma(m+1)}{\log^{m+1} p}.$$

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Extension des équations de Lagrange et d'Appell à des systèmes soumis à des liaisons non holonomes plus complexes que les liaisons de Neumann.* Note de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Albert Caquot.

Soit un système matériel occupant un espace (D), système à liaisons bilatérales, holonomes, dont la position dépend de (k) paramètres (q_i) [(i) variant de (1) à (k)]. Soumettons ce système à des liaisons supplémentaires définies par les relations

$$\mathcal{L}_j = 0 \qquad [(j) \text{ variant de } (1) \text{ à } (h)], \tag{1}$$

les fonctions $(\mathcal{L}_j)$ dépendant des paramètres de position (q_i), des paramètres

de vitesse (q'_i) et *des paramètres d'accélération* (q''_i) et admettant des dérivées partielles premières par rapport à ce dernier groupe de paramètres.

Soit $(\overline{\Phi})$ la force par unité de masse qui s'exerce sur un élément matériel du système considéré, élément occupant le volume $(d\tau)$, ayant la densité (ρ) et l'accélération $(\overline{\gamma})$.

En dehors de ses conditions initiales, le mouvement du système est défini par les *conditions nécessaires et suffisantes pour que l'intégrale*

$$\mathcal{G} = \frac{1}{2}\int_{D}(\overline{\Phi}-\overline{\gamma})^2\rho\, d\tau,$$

considérée comme une fonction des paramètres d'accélération seulement, soit *minimum*, c'est-à-dire [en désignant par $(\mathcal{T})$ l'énergie cinétique du système, *compte non tenu* des liaisons supplémentaires (1)] par les (k) conditions nécessaires et suffisantes

$$(2)\qquad \frac{d}{dt}\frac{\partial\mathcal{T}}{\partial q'_i}-\frac{\partial\mathcal{T}}{\partial q_i}+\sum_{j=1}^{j=h}\lambda_j\frac{\partial\mathcal{L}_j}{\partial q''_i}=\int_{D}\left(\overline{\Phi}.\frac{\partial\overline{\gamma}}{\partial q''_i}\right)\rho\, d\tau \qquad [(i) \text{ variant de } (1) \text{ à } (k)],$$

jointes aux (h) conditions de liaisons supplémentaires (1).

Les $(h+k)$ équations (1) et (2) et les conditions initiales du mouvement déterminent les (h) fonctions (λ_j) et les (k) fonctions (q_i) dont dépend le mouvement du système.

Le *cas classique des liaisons non holonomes*, cas signalé la première fois par Neumann en 1888, est celui où les fonctions $(\mathcal{L}_j)$ sont les dérivées premières par rapport au temps de fonctions des paramètres de position et linéaires des paramètres de vitesse.

Le *cas des liaisons holonomes* est celui où les fonctions $(\mathcal{L}_j)$ sont les dérivées secondes par rapport au temps de fonctions des paramètres de position.

Mais les formules (1) et (2) expriment les équations du mouvement de *systèmes à liaisons beaucoup plus générales*, où les conditions supplémentaires de liaisons (1) dépendent d'une manière quelconque des paramètres de vitesse et d'accélération, et c'est là l'intérêt essentiel de la présente Note et une extension nouvelle de la mécanique analytique.

De plus, si l'on désigne par $(\mathcal{S})$ l'énergie d'accélération du système [*compte non tenu* des liaisons supplémentaires (1)], on peut encore étendre les équations (2) du mouvement à des *systèmes qui dépendent d'un nombre infini de paramètres de position et d'un nombre infini de paramètres de vitesse*, mais d'un nombre fini (k) de paramètres d'accélération $(g_1, g_2, \ldots, g_k)$ en écrivant lesdites équations sous la forme

$$\frac{\partial\mathcal{S}}{\partial g_i}+\sum_{j=1}^{j=h}\lambda_j\frac{\partial\mathcal{L}_j}{\partial g_i}=\int_{D}\left(\overline{\Phi}.\frac{\partial\overline{\gamma}}{\partial g_i}\right)\rho\, d\tau.$$

Enfin, pour les systèmes en question, les *équations d'équilibre* se déduisent des équations ci-dessus du mouvement, en annulant les paramètres d'accélération et de vitesse dans les relations

$$\sum_{j=1}^{j=h} \lambda_j \frac{\partial \mathcal{L}_j}{\partial g_i} = \int_D \left(\overline{\Phi} \cdot \frac{\overline{\partial \gamma}}{\partial g_i} \right) \rho \, d\tau \qquad [(i) \text{ variant de } (1) \text{ à } (k)],$$

$$\mathcal{L}_j = 0 \qquad [(j) \text{ variant de } (1) \text{ à } (h)].$$

AÉRODYNAMIQUE. — *Contribution à l'étude de l'hélice propulsive. Détection des sillages sur les pales.* Note de M. **Louis Sackmann**, présentée par M. Henri Villat.

A. Sur la conception des études qualitatives. — Ce travail fait partie d'une recherche d'ensemble sur l'étude quantitative et qualitative de l'hélice propulsive : *il a paru intéressant en effet de contrôler et de dédoubler les mesures des coefficients caractéristiques et du rendement propulsif par des indications qualitatives, sous réserve que ces dernières se prêtent à une interprétation et une exploitation faciles.*

L'idée de l'étude des *traces d'écoulement* sur les obstacles, et notamment la détection automatique, fidèle et instantanée des sillages, a été exposée dans plusieurs publications (¹), j'en rappelle le principe : la surface de l'obstacle est rendue sensible à l'action d'un réactif gazeux de telle façon que la réaction chimique résultante provoque un *virage colorimétrique*; en particulier, si l'opération a lieu dans le sillage, il y aura aussitôt, grâce au phénomène de *diffusion turbulente*, transfert de réactif dans tout le volume du sillage jusqu'à sa *trace sur l'obstacle*. La région correspondante de la paroi subira un changement de couleur dont la limite avancée définit la *ligne de décollement*.

De la position et de la forme de cette ligne, on pourra juger de l'importance du sillage et tirer des conclusions sur les qualités aérodynamiques de l'obstacle qui, par ailleurs, sont mesurées directement.

B. Technique expérimentale. — *L'hélice* tripale métallique, de $0^m,20$ de diamètre, est montée sur le fuseau-moteur d'un banc d'essai spécial.

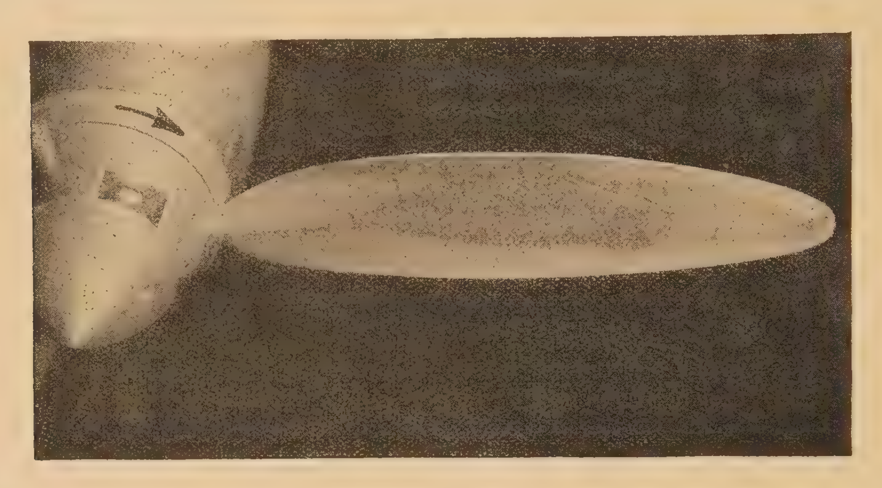
La sensibilisation chimique des pales est basée sur l'emploi d'enduits en couche ultra-mince, que j'ai utilisés au cours d'essais antérieurs.

L'injection de réactif s'effectue avec un tube fixé le long du fuseau-moteur et qui transporte l'air chargé de réactif derrière le cercle balayé par l'hélice, aussi près que possible des pieds de pale. Le débit est intermittent : au cours de la rotation de l'hélice, le sillage tournant de chaque pale vient coiffer l'extrémité du tube injecteur, une fois par tour, et cela pendant un temps très bref;

(¹) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1313; **206**, 1938, p. 315; **208**, 1939, p. 727. Note technique n° **2** du Secrétariat d'État à l'Aviation, 1942.

c'est durant cette éclipse totale que se fait l'injection, dont la durée moyenne est de l'ordre de 1/2000 de seconde pour les expériences décrites ici. Malgré ce temps très court, le réactif pénètre dans le sillage fuyant des pales, pour y engendrer l'inscription des traces colorées.

L'observation et la photographie des traces d'écoulement n'offrent aucune difficulté. Les colorants sont *jaunes* à l'état neutre, l'injection est suivie d'un virage au *rouge vif*. La photographie est réalisée avec des émulsions du commerce, sans écrans filtrants. Sur l'épreuve positive, la trace rouge du sillage apparaît en noir, tandis que le reste de la surface, de couleur jaune, se présente en gris très clair.



Décollement sur une hélice (pas relatif $h_0 = 1{,}27$, $V/nD = 0{,}8$).

C. Nature physique des sillages locaux. — La figure ci-dessus reproduit une photographie d'auto-inscription. On distingue la zone foncée de la trace du sillage, qui s'étend sous forme d'une bande le long du bord de fuite en couvrant une portion importante de l'extrados. On remarque la netteté de la ligne de décollement.

Le phénomène de diffusion. — A la suite de son injection quasi ponctuelle, le réactif se répand dans tout le sillage pour avancer jusque dans les régions marginales. Cette diffusion rapide, homogène et automatique des molécules du réactif s'accomplit sous l'effet simultané de la force centrifuge et de la turbulence locale :

1° Sous l'action de la force centrifuge, elles sont transportées radialement, dans le sens de l'axe de la pale d'hélice.

2° Sous l'action de la turbulence locale, elles se diffusent transversalement, entre le bord de fuite et la ligne de décollement, dans le sens de la corde de la pale.

Le phénomène de décollement. — Tandis que les vitesses radiales sont prépondérantes dans le sillage, dans le fluide issu du bord d'attaque, la vitesse

est dirigée suivant la corde du profil. Cette singularité du champ des vitesses (surface de discontinuité) explique les apparences d'instabilité de la ligne de décollement : l'on y observe, pour certains régimes de l'hélice, une succession de sauts brusques et désordonnés suivant deux directions rectangulaires (axe et corde de la pale), comme si l'on assistait à la déchirure de la trame d'un tissu.

D. Conclusion. — L'existence des sillages locaux nettement définis confirme la théorie alaire de l'hélice. Il se dessine, de toute évidence, une nouvelle étape des recherches sur l'étude comparative du décollement et du rendement propulsif en fonction de V/nD ou de l'incidence locale.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur une méthode de détermination des distances d'étoiles doubles inférieures au pouvoir séparateur.* Note de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai montré [1] comment la formule semi-empirique

$$\rho = \varepsilon\sqrt{\alpha}, \qquad (1)$$

où $\varepsilon = 1{,}22\lambda/D$, donne la distance ρ en fonction de l'aplatissement α de l'image de diffraction quasi elliptique d'une étoile double non résolue.

Les premières observations, faites par simple estimation visuelle du rapport des axes $R = 1 - \alpha$ de l'image, indiquaient une précision encourageante.

Je présente ici les résultats de la discussion de 160 mesures environ, portant sur 15 étoiles ($\rho = 0''25$ à $1''10$; $m = 3{,}9$ à $6{,}5$; $\Delta m = 0{,}0$ à $1{,}1$; Sp. A0 à G5) et obtenues en 10 séances (1942,214 à 1942,629) avec 7 ouvertures différentes ($D = 8$, 10, 12, 14, 16, 18, 20 cm) au réfracteur de 0,20 m. $f_{min} = 2{,}621$ m. à $\lambda_m = 0{,}568\,\mu$; Gr. = 215 à 1600) de l'Observatoire du Houga, généralement sans filtre [2] et par images de qualité très variée (Im. = 1 à 5,5 dans une échelle empirique liée à la turbulence par $t/\varepsilon = 0{,}18$ Im.).

A. Erreurs systématiques. — 1. *Grossissement.* — Confirmation des premiers résultats : l'image est vue trop ronde (α trop petit) avec un grossissement trop faible. Cet effet est une conséquence de la limitation du pouvoir séparateur de l'œil. Si $\nu = G/Gr$ (Gr. = grossissement *résolvant*, soit 100 pour D = 200 mm.), la correction pour réduire au rapport de grossissement favorable $\nu = 6{,}0$, est $\Delta_1\alpha = \alpha F(\nu)$, où $F(\nu) = +0{,}08$: ; $+0{,}026$; 0; $-0{,}021$; $-0{,}025$; $-0{,}03$: pour $\nu = 4$, 5, 6, 8, 10, 15.

2. *Agitation atmosphérique.* — L'aplatissement est surestimé par mauvaises images (α trop grand). Cet effet est lié aux déformations du faux disque

---

(1) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 762; **216**, 1943, p. 332.

(2) Dans le cas contraire, il a été tenu compte de la variation de longueur d'onde effective.

provoquées par la turbulence. La correction pour réduire à la qualité d'image moyenne $I = 3,0$ ($t/\varepsilon = 0,55$) est $\Delta_2 \alpha = -0,0015\alpha(I^3 - 27)$.

3. *Ouverture*. — Pour les paires observées avec plusieurs ouvertures, la distance donnée par (1) dépend de l'ouverture : $\varepsilon\sqrt{\alpha}$ dépend de α. Cet effet peut provenir en partie des approximations consenties dans l'établissement de la formule simple (1), mais il doit être imputé surtout aux erreurs systématiques personnelles dans l'évaluation de α. La formule de correction pour réduire à $\alpha = 0,30$, milieu de l'intervalle utile et zéro de $\partial(\varepsilon\sqrt{\alpha})/\partial\alpha$, est $\Delta_1 \rho = +60\rho(\alpha - 0,3)^4$.

4. *Magnitude*. — L'estimation de α nécessite un faux disque de brillance suffisante aux grossissements utilisés, ce qui donne ([1]) la condition $m < M$, si $M = 5\log D - 4,5$. On constate en effet que la distance obtenue, pratiquement constante pour $M - m > 1$, décroît rapidement pour $M - m < 0$. Cet effet est lié à la chute rapide du pouvoir séparateur de l'œil lorsque la brillance décroît.

Cette variation a été mise à profit à la fois pour simplifier avantageusement la formule (1) en prenant

$$(2) \qquad \varepsilon = \frac{140''}{D}(1 + 0,007S) \qquad (S = -1, 0, 1, 2, \ldots \text{ pour Sp.} = \text{Bo, Ao, Fo, Go}, \ldots)$$

et pour annuler les écarts systématiques O — C par rapport aux mesures micrométriques, en réduisant à $M - m = +1,0$. La correction est $\Delta_2 \rho = \rho\Phi(M - m)$ où $\Phi = -0,006$; 0; $+0,014$; $+0,043$; $+0,12$; $+0,17$:; $+0,24$: pour $M - m = +2$; $+1,0$; $+0,5$; $0,0$; $-0,5$; $-1,0$; $-1,5$. Il convient donc, en pratique, de respecter la condition $M - m > 0$.

B. Erreurs accidentelles. — La dispersion des mesures ne semble pas croître aussi vite avec l'agitation atmosphérique que ne l'indiquaient les premières observations. Il paraît légitime de combiner avec le même poids les α évalués par $t/\varepsilon \leqq 0,7$. Par contre les estimations deviennent rapidement incertaines au delà, et il est préférable de ne pas dépasser $t/\varepsilon = 0,8$. Quelques estimations tentées par $t/\varepsilon = 0,9$ à $1,0$ sont fortement aberrantes et ont dû être rejetées.

L'erreur moyenne d'une estimation de α de poids 1 ($t/\varepsilon \leqq 0,7$), après réduction à $\nu = 6$ et $I = 3$, est bien représentée par

$$|E_\alpha| = 0,02 + 0,04\alpha.$$

L'erreur moyenne correspondante sur ρ : $|E_\rho| = 0,01/\alpha + 0,02$ croît donc de 4 % à 6, 10 et 22 % lorsque α décroît de 0,50 à 0,25; 0,12 et 0,05; d'où les poids relatifs, proportionnels à E_ρ^{-2}, à attribuer dans la combinaison des distances d'une même étoile obtenues à partir d'ouvertures, c'est-à-dire d'aplatissements variés.

C. Résultats. — Finalement, pour les 15 étoiles étudiées, les O — C obtenus

sont complètement indépendants de α, de $M - m$, du type spectral et de Δm (au moins pour $\Delta m < 1$ mag.). Aucun écart n'atteint $\pm 0'',025$; leur moyenne brute est $\pm 0'',012$, leur moyenne pondérée $\pm 0'',006$, et, en fait, une bonne part de cette dispersion doit être attribuée à l'incertitude des distances *calculées*, fondées sur les meilleures orbites et mesures micrométriques récentes. J'ajoute que les angles de position estimés ou mesurés simultanément confirment entièrement la réalité des élongations observées; la moyenne des $O - C$ en angle est $\pm 10°$ (12 étoiles) ou même $\pm 5°$ (9 étoiles) en rejetant 3 paires très serrées et mesurées une seule nuit.

On peut donc conclure fermement que la méthode permet de déterminer très simplement, avec les instruments courants, les distances de $0'',2$ à $1''$ environ au centième de seconde d'arc près, précision réelle dont n'est pas susceptible le micromètre à fils associé aux plus grands instruments.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Détermination du* facteur de forme *des conducteurs cylindriques placés dans un champ magnétique alternatif uniforme dont la direction est parallèle à l'axe*. Note de M. **Maurice Leblanc**, présentée par M. Aimé Cotton.

En vue de recherches ultérieures, nous avons été conduit à examiner les méthodes classiques de calcul de la *résistance équivalente* d'un conducteur cylindrique placé dans un champ magnétique alternatif uniforme dont la direction est parallèle à son axe. M. Ribaud a établi (*Journ. de Physique et Radium*, nov. 1932) que, d étant le diamètre du cylindre, h sa hauteur, ρ sa résistivité, n le nombre de spires du solénoïde inducteur comprises dans la hauteur h, I le courant efficace de pulsation ω dans le solénoïde, l'énergie recueillie dans le cylindre a pour valeur

$$W = n^2 I^2 \frac{\pi d}{h} \sqrt{2\pi\rho\omega}.$$

La substance placée à l'intérieur du solénoïde se comporte vis-à-vis de celui-ci comme une résistance supplémentaire égale à $n^2 R$, R désignant la résistance de la substance assimilée à un cylindre mince d'épaisseur ε (ε, épaisseur de peau équivalente),

$$R = \frac{\pi d \rho}{h \varepsilon}.$$

Dans le cas où le diamètre du cylindre est suffisamment grand, les courants induits se propagent en effet seulement dans une épaisseur faible par rapport au diamètre.

La quantité $n^2 R$ est la *résistance équivalente* de la charge placée dans le four.

Dans une étude mathématique parue en 1931 dans les publications de

l'Institut Polytechnique de Zürich, B. Radulet a montré que cette méthode ne conduit à des résultats pratiquement utilisables que si la hauteur h du cylindre vaut au moins 10 fois son diamètre d. S'il n'en est pas ainsi, la quantité d'énergie W_h dégagée dans le cylindre de hauteur h est, toutes choses égales d'ailleurs, plus grande que celle W_i qui serait dégagée dans une portion de même hauteur h considérée isolément dans un cylindre de même diamètre et de longueur infinie. Le rapport $K_f = W_h/W_i$ est appelé *facteur de forme* relatif à la valeur h/d.

Radulet a établi que, pour les valeurs moyennes de h/d, on avait sensiblement $K_f = 1 + 2,1\, d/h$. Ses vérifications expérimentales se sont limitées à $h/d = 0,1595$ comme plus petite valeur de ce rapport. Il était admis que les valeurs de W_h continuaient à décroître quand le rapport h/d tendait vers zéro. En opérant sur des rondelles de plomb pour lesquelles le rapport h/d était inférieur à la valeur limite de Radulet, nous avons observé que la quantité d'énergie recueillie W_h passait par un minimum, puis par un maximum avant de s'annuler pour $h = 0$. Par exemple, avec des rondelles de plomb de diamètre 20^{mm} dont la hauteur variait de 10^{mm} à $0^{mm},03$, chauffées dans un four à induction à la fréquence 100000, on a relevé les valeurs suivantes de W_h (valeurs relatives) :

h(mm) ..	10	5	2,5	2	1	0,8	0,5	0,1	0,05
h/d	0,5	0,25	0,125	0,1	0,05	0,04	0,025	0,005	0,0025
W_h	33,8	28	25,5	24,7	27,8	44,3	47,5	45,5	22,5

On observe un minimum pour W_h aux environs de la valeur $h/d = 0,08$ et un maximum aux environs de la valeur $h/d = 0,012$.

Pour des rondelles de plomb de diamètre 40^{mm}, nous avons trouvé de façon analogue :

h(mm) ...	5	3	2	1	0,5	0,2	0,1	0,08	0,05
h/d	0,125	0,075	0,05	0,025	0,012	0,005	0,0025	0,002	0,0012
W_h	131	104	122	158	232	350	317	268	229

On observe donc un minimum pour W_h aux environs de la valeur $h/d = 0,075$ et un maximum aux environs de la valeur $h/d = 0,03$. Ces minima et ces maxima sont d'autant plus nettement accusés que le diamètre de la rondelle est plus grand vis-à-vis de l'épaisseur de peau correspondant aux conditions de l'essai.

Voici ce que nous avons constaté en opérant sur des rondelles de plomb de différents diamètres, 10, 20, 40, 52, 95^{mm} :

1° la valeur maxima de l'énergie recueillie est sensiblement proportionnelle au cube du diamètre de la rondelle;

2° la valeur minima est sensiblement proportionnelle au carré du diamètre;

3° l'épaisseur correspondant au maximum est sensiblement inversement proportionnelle au diamètre;

4° l'épaisseur correspondant au minimum est sensiblement proportionnelle au diamètre;

5° si l'on opère à différentes fréquences, l'épaisseur correspondant au minimum varie, de façon approchée, en rapport inverse de la fréquence.

Les résultats ont été vérifiés sur des rondelles de laiton de 130^{mm} de diamètre à la fréquence de 50. Sur des rondelles de graphite de 20 et 40^{mm} à la fréquence de 100000 on ne les retrouve pas, le diamètre n'étant pas assez grand vis-à-vis de l'épaisseur de peau; la courbe qui représente W_h en fonction de h présente seulement un léger palier.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Échauffement d'un disque mince dont les faces sont normales à un champ magnétique alternatif.* Note de M. **Gustave Ribaud**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans un champ magnétique alternatif uniforme de pulsation ω, plaçons un cylindre conducteur de rayon fixe r, d'axe parallèle aux lignes de force et dont nous varierons la hauteur h.

Pour des valeurs appréciables du rapport h/r, la courbe qui représente l'énergie W dissipée par induction dans le cylindre en fonction de h a sensiblement l'allure d'une droite qui passe au-dessus de l'origine; pour de faibles valeurs de h l'expérience [1] montre que cette énergie, au lieu de tendre régulièrement vers zéro (quand h tend vers zéro), passe par un minimum W_m, croît ensuite jusqu'à une valeur maximum W_M et décroît ensuite jusqu'à zéro.

On peut donner de ce phénomène une théorie en parfait accord avec l'expérience, qualitativement et quantitativement. Dans ce qui suit nous supposerons le rayon r grand par rapport à l'épaisseur de peau ε dans le métal ($r/\varepsilon > 5$). Par raison de symétrie, les lignes de force sont toutes situées dans des plans passant par l'axe Oz du cylindre, et la densité σ du courant induit est uniforme sur une circonférence de rayon x et centrée sur l'axe.

Au lieu d'écrire les équations générales de Maxwell, on peut raisonner sur la portion de solide de révolution comprise entre les rayons x et $x+dx$ et les plans z et $z+dz$. Si l'on désigne par H_x et H_z les composantes radiale et normale du champ magnétique, le théorème d'Ampère, appliqué à la face normale aux lignes de courant, fournit l'équation

$$4\pi\sigma = \frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x}, \tag{1}$$

le théorème de Faraday appliqué, d'une part à la portion de face cylindrique de rayon x, d'autre part à la portion de face plane normale à l'axe, fournit les

(1) *Voir* la Note précédente de M. Maurice Leblanc.

deux relations

$$\rho\frac{\partial\sigma}{\partial z}=\frac{\partial H_x}{\partial t} \tag{2}$$

et

$$\rho\left(\frac{\partial\sigma}{\partial x}+\frac{\sigma}{x}\right)=\frac{\partial H_z}{\partial t}. \tag{3}$$

Dans le second membre de l'équation (1), le terme $\partial H_z/\partial x$ est négligeable, du moins loin du bord extérieur du cylindre; l'ensemble des équations (1) et (2) conduit alors aisément à la relation classique

$$\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}=\frac{4\pi}{\rho}\frac{\partial H_x}{\partial t}. \tag{4}$$

Nous supposerons d'abord que la hauteur h du cylindre est nettement supérieure à ε (quelques ε); l'équation (4) montre que le champ H_x et la densité de courant σ varient exponentiellement en profondeur à partir de la surface du cylindre suivant les relations

$$H_x=H_0 e^{-\frac{z}{\varepsilon}}\sin\left(\omega t-\frac{z}{\varepsilon}\right) \quad \text{et} \quad \sigma=\frac{H_0}{4\pi\varepsilon}e^{-\frac{z}{\varepsilon}} \quad \left(\varepsilon=\sqrt{\frac{\rho}{2\pi\omega}}\right). \tag{5}$$

On voit ainsi que le champ et les courants induits sont, sur chacune des faces planes, localisés dans une épaisseur ε identique à l'épaisseur de peau habituelle.

Pour résoudre totalement le problème, il conviendrait d'expliciter le champ H_z en fonction de x, ou, ce qui revient au même, la constante H_0 qui figure dans les équations (5) et qui dépend uniquement de x. Dans cette voie nous n'avons pas poussé plus avant les calculs; l'expérience nous a fourni directement la variation de σ en fonction de x en mesurant les échauffements de couronnes découpées dans le disque et séparées par de très faibles intervalles. Il est intéressant également de préciser que la répartition des courants dans chacune des faces doit fournir un champ axial uniforme et égal à $H_0/2$ dans l'espace compris entre les deux faces, de façon que le champ total soit nul dans toute la partie centrale du disque; autrement dit la recherche de la variation de $i=\sigma_0\varepsilon$ avec x se confond avec celle d'une répartition de courants circulaires fournissant un champ normal uniforme.

Nous supposerons dans la suite que cette répartition est de la forme $i=ax^n$.

Calcul de l'énergie minimum W_m. — Cette énergie minimum s'observe quand l'épaisseur du disque est de l'ordre de quelques ε; seules les faces planes peuvent être considérées comme fournissant de l'énergie. Pour calculer cette énergie, écrivons que le champ $\int_0^r \frac{2\pi i}{x}dx$ produit par une couche *en son centre* est égal à $H_0/2$; cette relation fournit la valeur de a qui, transportée dans l'expression de l'énergie dissipée $\int_0^r \frac{2\pi\rho x}{\varepsilon} i^2 dx$, donne, pour une face

terminale,

$$W_m = H_{\text{eff}}^2 \frac{n^2 \rho r^2}{16\pi\varepsilon(n+1)}.$$

Calcul de l'énergie maximum W_M. — Dès que la hauteur h devient nettement inférieure à ε, la densité de courant peut être considérée comme uniforme en profondeur ([2]); la self-inductance du disque a dès lors pour valeur $L = 2\pi^2 r(n+1)/n$; sa résistance est $R = \pi\rho(n+1)/h$. Le champ H_0 produit dans le disque une force électromotrice $E = \pi r^2 H_0 \omega$ et l'énergie dissipée a pour expression $W = E^2 R/(R^2 + L^2\omega^2)$; cette énergie est maximum lorsque $R = L\omega$, c'est-à-dire $h = n\rho/2\pi r\omega = n\varepsilon^2/r$ ([3]), et sa valeur maximum s'écrit

$$W_M = H_{\text{eff}}^2 \cdot \frac{n r^3 \omega}{4(n+1)}.$$

Les relations précédentes montrent que la hauteur optimum varie proportionnellement à ε^2/r; l'énergie maximum varie proportionnellement au cube du diamètre et ne dépend pas de la résistivité de la substance. Quant à l'énergie minimum, elle varie proportionnellement au carré du diamètre. Toutes ces lois se sont trouvées vérifiées par l'expérience.

PHYSICOCHIMIE. — *Emploi des basses températures dans l'étude des colloïdes.* Note de M. **Augustin Boutaric**, présentée par M. Charles Achard.

Maurice Piettre a montré l'intérêt que présente l'emploi des basses températures pour l'isolement des protéines. Dans la méthode de séparation qu'il a proposée sous le nom de *méthode de l'acétone à froid*, on évite toute dénaturation des protéines au contact du réactif déshydratant en réalisant à basse température (— 10°) l'ensemble des opérations. Mais la mise en œuvre des basses températures peut être d'un intérêt beaucoup plus général encore pour l'étude des solutions colloïdales. Ces solutions sont le siège d'une évolution spontanée ayant habituellement pour effet d'en diminuer la stabilité, qui peut être considérée comme le résultat de réactions chimiques dans lesquelles interviennent les particules colloïdales ainsi que les molécules et les ions du milieu de dispersion. Or la vitesse des réactions chimiques les plus diverses diminue avec la température. Il en est ainsi notamment de celles que produisent les diastases, les bactéries et les microbes au sein des denrées périssables, en sorte que la conservation par le froid n'est qu'une application de ce résultat d'observation.

De même l'emploi des basses températures permet de ralentir et dans beaucoup de cas d'arrêter pratiquement l'évolution des solutions colloïdales.

([2]) Nous supposerons encore i de la forme $i = ax^n$.

([3]) Cette valeur est notablement plus faible que ε, ce qui justifie le calcul précédent.

Sans doute, ne peut-on refroidir la plupart de ces solutions au-dessous de 0°, car la congélation les détruirait, mais il est très commode de les conserver dans une chambre froide à 0° ou 1°.

Dans le cas des colloïdes organiques, l'emploi du froid s'impose pour la conservation de leurs solutions, même si, par addition d'un antiseptique approprié, ces colloïdes sont à l'abri des altérations microbiennes. Les nombres du tableau suivant sont relatifs à la viscosité η par rapport à l'eau et à la densité optique δ d'une solution de gomme arabique à 87^g,83 par litre, renfermant 1^g par litre de quinosol, pour des échantillons maintenus à 0° (A), 16° (B) et 36° (C), les mesures étant faites au bout de durées de conservation t :

t (jours).	η(A).	δ(A).	η(B).	δ(B).	η(C).	δ(C).
0.........	6,68	0,068	6,68	0,068	6,68	0,068
1.........	6,68	0,111	6,68	0,115	6,62	0,138
4.........	6,62	0,111	6,57	0,116	6,43	0,517
21.........	6,62	0,118	6,48	0,162	6,27	0,955

L'évolution des solutions colloïdales de synthèse peut être ralentie d'une manière comparable par l'emploi des basses températures. C'est ce que nous avons constaté par des mesures de densité optique, de viscosité, de coefficient d'aimantation sur des suspensions d'argile ou de bentonite, sur des sols de sulfure d'arsenic, d'hydrate ferrique, ou chromique, de pentoxyde de vanadium etc. Les nombres ci-dessous donnent la viscosité η par rapport à l'eau d'un sol de S^3As^2 à 57^g,8 par litre, maintenu à des températures égales à 0°, 9° et 33°, pendant des temps t croissants :

t (jours)....	0.	4.	14.	27.	47.	77.
0°.........	1,518	1,471	1,468	1,420	1,360	1,244
9	1,518	1,409	1,393	1,306	1,214	1,160
33	1,518	1,255	1,140	1,091	1,068	1,068

Les nombres du tableau suivant donnent, au facteur 10^{-6} près, les coefficients d'aimantation spécifique d'un sol d'hydrate ferrique à 51^g,04 de Fe^2O^3 par litre dialysé 11 jours à 0° et conservé à 0°, 32° et 68° :

t (jours)...	0 h.	5 h.	4 j.	9 j.	27 j.	63 j.
0°.........	42,51	42,41	41,73	41,64	41,64	39,69
32	42,51	40,67	37,55	36,28	35,31	34,74
68	42,51	34,10	31,22	30,69	30,16	

Dans toutes nos recherches, nous utilisons couramment les basses températures pour maintenir les solutions colloïdales dans un état à peu près invariable pendant des durées parfois très longues, alors qu'aux températures ordinaires, ces solutions éprouvent souvent des variations considérables d'un jour à l'autre.

CHIMIE ORGANIQUE.. — *De l'emploi du cyclohexène dans la synthèse des carbures aromatiques polynucléaires.* Note de MM. **Buu-Hoï** et **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

La fixation du cyclohexène sur les carbures aromatiques est une réaction devenue classique en Chimie organique, en particulier depuis les recherches de Bodroux [1]. Le présent travail a pour but de montrer comment on peut tirer parti de cette réaction pour édifier des molécules de carbures aromatiques complexes, difficilement accessibles par d'autres voies de synthèse.

On sait que le cyclohexène s'additionne du benzène sous l'action de catalyseurs divers (Cl^3Al, SO^4H^2, F^3B, etc.) en donnant du cyclohexylbenzène et un peu de dicyclohexyl-1.4-benzène (I). Nous avons préparé de grandes quantités de ce dernier corps soit en employant SO^4H^2 dans la condensation, à la température de 50°, soit en fixant du cyclohexène sur le cyclohexylbenzène, également en présence de SO^4H^2. Le carbure obtenu (E_{13} 192-195°, F 102-103°)

(I)

CO CO²H

(II)

CH² CO²H

(III)

réagit aisément sur l'anhydride phtalique au sein du benzène, à froid, et en présence de Cl^3Al, pour donner l'acide dicyclohexyl-benzoyl-benzoïque (II) $C^{26}H^{30}O^3$ (fins cristaux F 207-208°, peu solubles dans C^6H^6, et donnant une coloration orangée avec SO^4H^2). Cet acide est réduit par la poudre de zinc cuivrée et l'ammoniaque en acide dicyclohexyl-benzyl-benzoïque (III) $C^{26}H^{32}O^2$ (cristallisant du toluène en fines aiguilles soyeuses F 194°). Le chlorure de cet acide est cyclisé en l'anthrone correspondante (non isolée à l'état pur) par Cl^3Al; par réduction de l'anthrone obtenue au moyen de poudre de zinc cuivrée et de soude caustique concentrée, on obtient directement le dicyclohexyl-1.4-anthracène (IV) [la fraction E_2 250-280° a donné un picrate

(IV)

(V)

(VI)

se séparant de l'alcool en beaux cristaux rouge brun F 178-179° avec décomposition; de ce picrate, on régénère le carbure (IV) $C^{26}H^{30}$ pur, cristallisant de

---

(1) *Ann. Chim.* 10e série, **11**, 1929, p. 511.

l'alcool et fondant à 160-161°]. De pareils anthracènes n'ont pas encore été préparés jusqu'ici; nous nous proposons de poursuivre l'étude de ces corps.

D'ailleurs, en présence d'acide sulfurique concentré, l'anthracène s'additionne aisément au cyclohexène pour donner naissance à un mélange de plusieurs monocyclohexyl-anthracènes (probablement le 1- et le 2-cyclohexyl-anthracènes), se présentant sous la forme d'une huile très visqueuse E_1 240° environ, incristallisable, et ne fournissant pas de picrates cristallisés; des fractions bouillant plus haut E_1 270-300°, on isole une laque dont la composition correspond à des dicyclohexyl-anthracènes (cette portion ne donne pas non plus de picrates cristallisés).

L'analyse montre enfin que, dans les queues de distillation, il doit exister en outre des tricyclohexyl-anthracènes. Nous avons également étudié la cyclohexylation du phénanthrène, de l'acénaphtène et du pyrène; les résultats de cette étude seront rapportés dans un autre Recueil.

La fixation du cyclohexène sur le diphényle en présence d'acide sulfurique nous a donné une proportion notable de dicyclohexyl-4.4'-diphényle F 202°, E_{12} 270-290° (mélangé à un isomère liquide, très visqueux) qui peut servir de matière première pour la synthèse du quaterphényle (V) par déshydrogénation au moyen de Se. Dans cette opération, on obtient avec de bons rendements le cyclohexyl-4.diphényle E_{12} 207-210°, F 75°, qui est à son tour une bonne matière première pour la synthèse du terphényle (le dicyclohexyl-4.4'-diphényle et le cyclohexyl-4-diphényle ont été obtenus par Bodroux avec Cl^3Al comme catalyseur). Ayant ainsi à notre disposition du terphényle, nous l'avons traité par le cyclohexène en présence de SO^4H^2 à 50° environ : il a été ainsi obtenu, 1° un mélange de monocyclohexyl-terphényles E_{12} 280-300° environ où doit prédominer le dérivé para, car par déshydrogénation au moyen de Se à 350°, on obtient très facilement le quaterphényle (V), qui devient ainsi facilement accessible; 2° des quantités peu importantes de dicyclohexyl-4.4''-terphényle (VII) $C^{30}H^{34}$ $E_{2,5}$ 270° environ, se séparant de l'alcool additionné de benzène sous forme de paillettes incolores fondant au-dessus de 300°, et donnant par déshydrogénation du quinquiphényle (VI), très peu

(VII)

connu jusqu'ici (²), ainsi d'ailleurs que son homologue inférieur (V) (³). Il est très probable, que, de cette manière, on puisse obtenir, d'une façon générale, des polyphényles encore plus compliqués.

(²) GERNGROSS et DUNKEL, *Ber. chem. Ges.*, 57, 1924, p. 739.
(³) BASFORD, *J. Chem. Soc.*, Londres, 1936, p. 1593.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'union labile de l'oxygène au carbone. Expériences d'oxydation à l'obscurité totale.* Note de MM. **Charles Dufraisse**, **Jean Le Bras** et **André Allais**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant établi dans un essai préliminaire antérieur que le rubrène en solution ne paraissait s'oxyder qu'avec une extrême lenteur en l'absence de lumière, nous avons repris ce travail et l'avons étendu à plusieurs corps autres que le rubrène et à plusieurs solvants. Les corps essayés ont été l'anthracène ($C^{14}H^{10}$), le mésodiphénylanthracène ($C^{26}H^{18}$), le naphtacène ($C^{18}H^{12}$), le mésodiadiphénylnaphtacène ($C^{30}H^{20}$), le mésodiadicarbéthoxymésodiadiphénylnaphtacène ($C^{36}H^{28}O^{4}$), le mésotriphénylnaphtacène ($C^{36}H^{24}$) et le tétraphénylnaphtacène (rubrène) ($C^{42}H^{28}$).

Les solutions, à 3.10^{-2} mol par litre, ont été faites en éther, sulfure de carbone et benzène. 5^{cm^3} de chacune d'elles, contenant 15.10^{-5} mol de corps et pouvant absorber théoriquement $3^{cm^3},36$ d'oxygène, ont été maintenus au contact de ce gaz pur à une pression initiale voisine d'une atmosphère dans notre dispositif manométrique habituel. Le séjour à l'obscurité totale a duré de 1936 à 1942, soit six ans.

Deux faits ressortent dès l'abord de ces essais. D'une part il y a eu absorption d'oxygène dans tous les cas, même dans les témoins à solvant seul. D'autre part cette oxydation a été très lente; la plus rapide (solution éthérée de rubrène) a consommé le gaz à raison de $0^{cm^3},5$ environ par centimètre cube de liqueur et par an, et pour d'autres la consommation est tombée au-dessous de $0^{cm^3},005$, c'est-à-dire au voisinage de la limite perceptible dans les conditions expérimentales données.

Voici quelques détails : l'éther seul, le plus oxydable des trois solvants, a consommé environ $0^{cm^3},15$ par centimètre cube et par an, soit au total 118 % de molécule d'oxygène rapportée à la molarité de référence 15.10^{-5}; vient ensuite le sulfure de carbone, avec un peu moins de $0^{cm^3},018$ et 16 %, puis le benzène avec moins de $0^{cm^3},005$ et 5 %. Parmi les corps essayés, s'est mis en évidence le triphénylnaphtacène, dont les trois solutions se sont notablement plus oxydées que les solvants témoins. A l'inverse du rubrène, dont la solution éthérée tient la tête des vitesses, le naphtacène a été en retard sur l'éther témoin; au reste, en éther, les oxydabilités se rangent curieusement en ordre croissant comme le nombre des phényles, pour les naphtacènes tout comme pour les anthracènes. Enfin, pour en terminer avec les singularités, mentionnons que trois corps en solution benzénique n'ont manifesté aucune oxydation appréciable au-dessus de celle, elle-même insignifiante, du témoin, et ont été retrouvés sensiblement intacts, ce sont : l'anthracène, le diphénylanthracène, le dicarbéthoxydiphénylnaphtacène.

Cette dernière observation est la plus facile à interpréter, et comporte une

conclusion immédiate : il y a au moins trois oxydations dont il est permis de dire qu'elles ne se font pas du tout à l'obscurité. Plus net peut-être encore est le cas du naphtacène dans l'éther, en ce sens que le corps, non seulement n'a pas ajouté son oxydation à celle du solvant, mais a même modéré cette dernière; à l'obscurité totale, le napthacène se comporte comme antioxygène, et nous pouvons noter au passage ce fait important pour le mécanisme et la théorie de l'effet antioxygène : à l'obscurité le naphtacène, corps si oxydable à la lumière, non seulement ne s'oxyde pas, mais empêche l'éther de s'autoxyder. Quant au peu d'oxygène consommé dans ce cas, 1/3 de molécule, on doit le considérer comme pris par le solvant, et non pas par l'hydrocarbure, d'autant que, sur les parois et dans le tube manométrique, les vapeurs d'éther se sont condensées hors de l'action protectrice du naphtacène, d'où, en ces divers endroits, consommation plus active d'oxygène par le solvant.

Restent à interpréter les expériences où les oxydations des solutions de corps ont dépassé celles des solvants purs témoins. On ne peut cependant pas en conclure, sans plus, que, dans ces cas-là, les corps essayés ont formé leurs photooxydes. Examinons l'exemple le plus typique, celui du rubrène en éther, celui qui s'est oxydé le plus vite. Une molécule d'oxygène avait été absorbée alors que le témoin n'en avait absorbé que 30 %, d'où en apparence 70 % pour l'hydrocarbure. Les photooxydes sont corps trop altérables en solution pour qu'on ait eu l'espoir d'en trouver une telle proportion, ni même beaucoup moins. Mais on aurait dû constater une disparition correspondante d'hydrocarbure; or on en a retrouvé la majeure partie à l'état cristallin (75 %), et il en reste en plus dissous dans d'abondantes résines formées évidemment à partir du solvant, sans parler de celui qui a été détruit par les peroxydes d'éther. De toute évidence, le rubrène a fonctionné comme prooxygène vis-à-vis du solvant. Il reste néanmoins un doute à l'égard d'une légère oxydation indépendante de l'hydrocarbure, mais elle ne peut intéresser alors qu'une fraction minime du corps. Les mêmes remarques sont valables *a fortiori* dans les autres essais où l'on a constaté de moins forts excédents d'oxydation : anthracène et naphtacène en sulfure de carbone, diphénylanthracène en éther et triphénylnaphtacène en éther ou en benzène, les cinq avec des excédents de l'ordre de 55 % de molécule, triphénylnaphtacène en sulfure de carbone, et diphénylnaphtacène en éther, avec des excédents de l'ordre de 30 %, et enfin, surtout, diphénylanthracène, diphénylnaphtacène et rubrène en sulfure de carbone, naphtacène et rubrène en benzène, anthracène en éther, avec des excédents tombés vers 10 % ou même moins. Dans la plupart des cas les produits ont été retrouvés en majeure partie intacts.

En résumé, dans un certain nombre d'expériences, la formation des photooxydes n'a pas eu lieu de manière appréciable à l'obscurité complète pendant une durée aussi longue que six ans, et elle est fort douteuse dans les autres expériences. Nous pensons être en droit d'en conclure que l'addition d'oxy-

gène libre aux anthracènes et aux naphtacènes pour former les photooxydes exige absolument l'intervention de la lumière, au moins tant que n'aura pas été découvert un catalyseur approprié; elle est donc l'une de ces réactions essentiellement photochimiques, dont on sait que les exemples authentiques sont exceptionnellement rares.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Pyrogénation dans le vide des salicylates de cobalt et de nickel.* Note de M. MARCEL CHAIGNEAU, présentée par M. Paul Lebeau.

En étudiant l'action de la chaleur sur de nombreux salicylates, Velden (1) a constaté que les sels de cobalt et de nickel fournissent du phénol, de l'anhydride carbonique et le salicylate basique. Plus tard, Houdas (2) décrit un autre processus de décomposition, à 180°, avec formation d'acide salicylique et de salicylate basique. Ce dernier serait instable dès 200° et donnerait de l'anhydride carbonique, un carbonate et du carbone.

Nous avons repris cette étude en opérant dans le vide selon la technique que nous avions décrite (3).

Les salicylates de nickel et de cobalt préparés et analysés par nous correspondent aux salicylates normaux tétrahydratés.

Afin d'éviter l'action secondaire de l'eau d'hydratation lors du chauffage, ces salicylates ont été déshydratés dans le vide en présence d'anhydride phosphorique.

L'action thermique s'est exercée de la température du laboratoire à 1000°. Les observations recueillies sont les suivantes :

A partir de 95°, le salicylate de cobalt commence à perdre de l'acide salicylique qui cristallise sur les parois froides du tube de quartz à la sortie du four. L'abondance de ce dépôt croît avec l'élévation de température. A 220° commence le dégagement d'anhydride carbonique et de phénol. Une très faible quantité d'un liquide violet se condense à partir de 380°

Avec le salicylate de nickel, la décomposition se produit aussi à 95°, avec apparition des premiers cristaux d'acide salicylique, mais c'est à 205° que débute le dégagement d'anhydride carbonique et de phénol. La production de quelques gouttelettes d'un liquide violet ne se manifeste que vers 460°.

Au cours d'autres essais, la température a été maintenue constante pendant 24 heures, à 200° d'une part, et à 300° d'autre part. Dans tous les cas, le résidu a été pesé. La perte de poids, qui est à 200° de 28,3 % (nickel) et 29,6 % (cobalt), devient à 300° de 41,23 % (nickel) et 41,27 % (cobalt). Or la perte de poids théorique pour obtenir les salicylates basiques à partir des salicy-

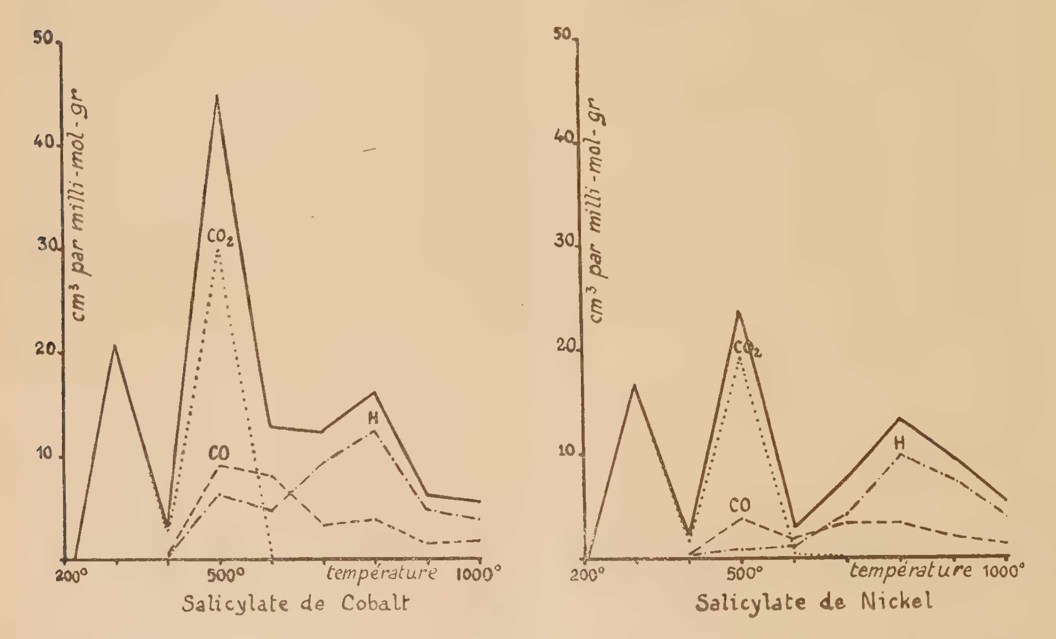
---

(1) *Journ. f. prakt. Chem.*, 15, 1877, p. 151.
(2) *Thèse Doct. Univ.* (*Pharmacie*), Paris, 1884.
(3) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 671.

lates normaux est 41,43 %. Les analyses quantitatives des résidus permettent de confirmer qu'on ne peut obtenir des salicylates basiques de cobalt et de nickel dans le vide qu'à la température de 300°. Le sel de nickel ainsi préparé est jaune verdâtre, et celui de cobalt est violacé. Ils sont insolubles dans l'eau et les solvants organiques usuels (alcool éthylique, alcool méthylique, éther, chloroforme, acétone).

Les gaz, recueillis par palier de 100° jusqu'à 1000°, ont été analysés par fractions et les résultats obtenus ont permis d'établir les graphiques suivants, en portant en abscisse les températures et en ordonnée les volumes gazeux exprimés en centimètres cubes par millimolécule-gramme de salicylate normal anhydre.

Ces deux pyrogénations présentent de fortes analogies : trois maxima, à 300°, 500° et 800°, maximum des dégagements d'anhydride carbonique à 300°,



de l'oxyde de carbone à 500° et de l'hydrogène à 800°, inversion de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone entre 600° et 700°. Il n'en existe pas moins une différence notable entre les volumes totaux des gaz dégagés ([1]), qui sont par millimolécule-gramme de $121^{cm^3},43$ pour le cobalt et de $80^{cm^3},69$ pour le nickel.

Les compositions centésimales sont, au contraire, assez voisines :

	CO^2 %.	CO %.	H %.
Cobalt.........	43,80	22,42	33,70
Nickel.........	46,18	19,53	34,12

([1]) Une observation de même genre a déjà été faite antérieurement par F. Caujolle dans son étude de la pyrogénation de quelques sels de nickel et de cobalt des acides gras saturés inférieurs (*Thèse Doct. Sc. Ph.*, Toulouse, 1939).

En résumé, la pyrogénation des salicylates anhydres de cobalt et de nickel dans le vide conduit, tout d'abord, de 95° à 300° aux salicylates basiques, avec dégagement d'acide salicylique, de phénol et d'anhydride carbonique. Ces salicylates basiques se décomposent ensuite de 300° à 1000° en donnant des gaz constitués uniquement par de l'anhydride carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène.

PÉDOLOGIE. — *Sur un appareil permettant la détermination de la perméabilité des sols.* Note de M. **Vsevolod Romanovsky.**

A l'exception de l'œdomètre, il n'existe pas, à l'heure actuelle, d'appareils permettant de mesurer la perméabilité des sols sous diverses pressions.

Nous avons conçu et mis au point un appareil simple qui permet de faire des mesures rapides de perméabilité pour tous les matériaux meubles. Cet appareil est essentiellement formé de trois parties : la partie supérieure sert à l'alimentation en liquide filtrant, la partie centrale contient l'échantillon et la partie inférieure permet l'écoulement du filtrat. Les trois parties, assemblées par deux carcans en bois P (reliés entre eux par deux tiges filetées), sont serrées à l'aide d'écrous à oreilles. La partie supérieure est composée d'un ballon D, surmonté de deux robinets A et B destinés au remplissage. L'extrémité inférieure du col du ballon étant taillée en biseau, permet d'obtenir un niveau constant d'eau dans le tube cylindrique N. Le raccord C ne sert que lorsque l'appareil est destiné à mesurer la perméabilité à haute pression; dans ce cas la surpression (air comprimé) est appliquée en C et mesurée à l'aide d'un manomètre métallique (non représenté sur la figure). Lorsqu'on mesure la perméabilité sous charge nulle, le raccord C reste ouvert à l'air libre. La partie centrale est séparée de la partie supérieure par une plaque en porcelaine perforée I serrée entre deux joints en caoutchouc F. La partie centrale est simplement constituée par un tube en verre, à bords rodés, de rayon r et de hauteur l. Elle est séparée de la partie inférieure par une plaque en porcelaine poreuse J serrée entre deux joints en caoutchouc F. La partie inférieure est constituée par un entonnoir-tulipe qui permet l'écoulement du filtrat. On dispose généralement d'une série de plaques poreuses en porcelaine ou en verre fritté, car il est indispensable d'avoir une plaque dont la perméabilité soit largement supérieure à celle de l'échantillon à étudier.

Le mode opératoire est très simple et consiste en trois opérations : remplissage de la partie centrale avec l'échantillon, remplissage du ballon D avec le liquide filtrant et mesure du débit filtré recueilli dans une éprouvette graduée. Pour éviter les fuites, entre les parois du récipient et l'échantillon, on enduit ces parois avec une bonne couche de vaseline qui permet à l'échantillon d'adhérer fortement au verre.

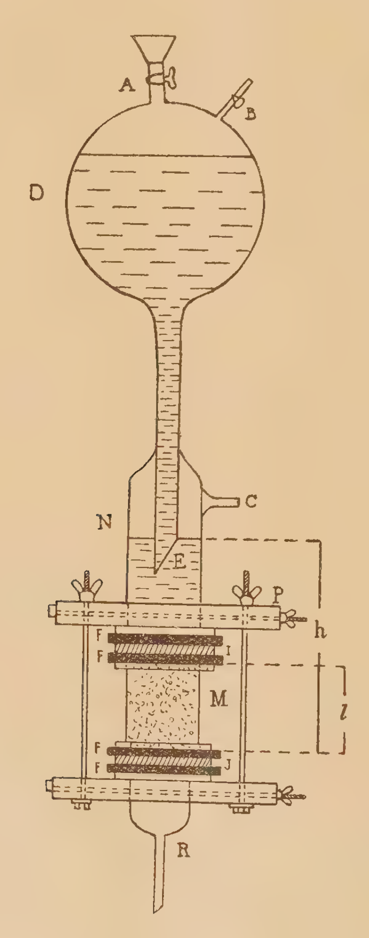
La valeur de la perméabilité se déduit facilement du débit par la formule de Darcy [1]

$$V = K.i \quad \text{avec} \quad i = \frac{h}{l} \quad \text{et} \quad Q = V.s,$$

d'où

$$K = \frac{Q.l}{s.h} \quad \text{(en cm/min)},$$

Q est le débit en cm³/min; l, la hauteur de l'échantillon; h, la hauteur totale



d'eau surmontant (plus la hauteur de l'échantillon); s, la surface de l'échantillon. Le facteur $l/s.h$ est une constante qui dépend uniquement des dimensions de l'appareil et de la pression appliquée. Il faut remarquer que pour les grandes pressions, il est indispensable d'exprimer celles-ci en hauteurs d'eau (h). Pour des mesures de perméabilité à l'air, on supprime entièrement le liquide de la partie supérieure de l'appareil, on applique une pression d'air

(1) Darcy, Paris, 1856.

en C et l'on adopte à la partie inférieure de l'entonnoir une éprouvette renversée sur une cuve à eau pour la mesure du débit gazeux.

Nous avons effectué toute une série de mesures sur différents matériaux et nous avons pu nous rendre compte de l'utilité de cet appareil. Le tableau suivant groupe les valeurs de la perméabilité de quelques échantillons étudiés :

Matériau.	Sable (%).	Liquide filtrant.	Perméabilité (cm/min).	Charge.
Vase marine (Penzé-Roscoff)......	12	eau de mer	20.10^{-6}	nulle
Sable vaseux (Seine).............	66	» du robinet	34.10^{-4}	»
Limon crayeux (Marne)..........	5	» »	13.10^{-4}	»
Sable (Fontainebleau)............	98	» bidistillée	35.10^{-3}	»

Sur ces quelques résultats apparaît l'augmentation de la perméabilité avec la croissance de la teneur en sable du matériau. Il faut remarquer que des essais de perméabilité des argiles ont déjà été effectués (²).

MYCOLOGIE PARASITAIRE. — *Étude d'un* Acremonium *nouveau, agent d'une affection gommeuse* Acremonium cinnabarinum *n. sp.* Note (¹) de MM. Auguste et René Sartory.

Au cours de l'année 1940 on a soumis à notre examen un pus provenant d'un malade âgé de 47 ans, colon, ayant habité 5 ans le Sénégal et 11 ans la Côte d'Ivoire, revenu en France il y a environ 24 mois et atteint d'une affection gommeuse que l'on supposa être une sporotrichose.

Examen microscopique. — A l'examen direct et avec coloration nous percevons un ou deux éléments assez gros de 4 à 5^{μ} de long sur 2 à 3^{μ} de large, basophile, légèrement granuleux et entouré d'une faible membrane. Un de ces éléments est libre et présente l'aspect d'un gros bacille, l'autre est phagocyté. Nous répétons plusieurs fois nos examens microscopiques et nous notons constamment la présence de ces éléments, qui ne sont jamais en forme de navette. Nous ne décelons pas de forme conidie-levure.

Caractères du champignon dans les cultures. — Pour effectuer le diagnostic bactériologique de cette affection, nous avons utilisé la technique préconisée par Gougerot. Nous avons soin, à l'aide d'une fine pipette, de faire couler une première goutte de pus sur le verre sec en face de la gélose glucosée peptonée et deux autres gouttes dans les angles que limite la surface plane de la gélose. Le tube non encapuchonné est placé à l'étuve à $+22^{\circ}$ au laboratoire. Le parasite déposé sur le verre germe rapidement ; les colonies qui se trouvent sur le bord de la gélose grimpent sur le vase sec de telle sorte que, au bout de

(²) P. Urbain, *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 14, 1941, p. 106.

(¹) Séance du 8 mars 1943.

quelques jours, on peut faire un examen en plaçant le tube sur la platine. On examine à l'aide de l'objectif 4 et de l'oculaire 6 ou 9.

Dans le cas présent il s'agit d'un champignon filamenteux cloisonné, très ramifié, supportant un très grand nombre de conidiophores dressés. Pour faciliter la détermination, nous effectuons une culture en goutte pendante, et voici les principaux caractères du champignon isolé.

Mycélium tout d'abord blanc, cloisonné, émettant des cordons dressés, hérissés dans toute leur étendue de conidiophores formant un angle droit avec les filaments végétatifs. Le duvet mycélien et les conidiophores changent rapidement de teinte; toute l'étendue de la culture devient rouge, puis rouge orangé; le pigment diffuse dans la gélose. Les conidiophores sont toujours simples. Dès leur insertion ils sont plus larges que les filaments qui les portent; ils se dilatent, prenant la forme d'un fuseau dans leur moitié inférieure auquel fait suite un col qui s'atténue progressivement. Dimensions du ventre à l'endroit le plus dilaté $1^{\mu},80$ à $1^{\mu},90$. Dimensions du col 1^{μ} à $1^{\mu},2$ de diamètre à la base et $0^{\mu},6$ au sommet. Les sporophores mesurent de 12 à 22^{μ} de long. Les conidies mesurent à maturité de $3^{\mu},5$ à $4^{\mu},5$ sur $2^{\mu},3$. Elles sont ovales, lisses, légèrement stipulées, de teinte orangée. Un fait curieux et que nous observons très facilement nous montre que la spore une fois mûre tombe; aussitôt son support en reproduit une autre, puis d'autres encore, et de très bonne heure on constate que le nombre des conidies est plus important que le nombre des sporophores. Exceptionnellement il existe une ramification latérale qui se termine par une seule spore colorée.

Ces caractères botaniques nous permettent de ranger l'espèce isolée dans le genre *Acremonium* Link.

Caractères culturaux. — L'*Acremonium* que nous venons de décrire végète sur tous les milieux usuels employés en mycologie parasitaire; cependant il semble avoir une préférence pour les milieux sucrés : gélose glucosée peptonée ou gélose maltosée. Il végète bien sur carotte et pomme de terre. L'optimum cultural est compris entre $+27°$ et $+30°$. Les colonies sont d'abord blanches, duveteuses; elles prennent vers le 3ᵉ ou 4ᵉ jour une teinte jaunâtre, puis franchement orangée, rose pâle, puis rose vif et enfin rouge sang le 8ᵉ, 9ᵉ et 10ᵉ jours. En vieillissant, la teinte (17 à 18 jours) devient foncée et acajou; la culture épaissit, se plisse; on n'aperçoit plus que les nombreux conidiophores, qui se dressent en bouquets. Le lait est un excellent milieu (couleur rouge sang).

Propriétés biologiques. — L'*Acremonium* étudié liquéfie la gélatine, ne coagule pas le lait, mais lui communique une belle teinte rouge vif. Le sérum de bœuf coagulé n'est pas liquéfié pas plus que l'albumine d'œuf coagulée et l'empois d'amidon. Le glucose est dédoublé, les lactose, maltose et galactose ne montrent aucune transformation.

Pouvoir pathogène. — L'*Acremonium* considéré est pathogène pour le Cobaye

et le Lapin, auxquels il confère après un mois une mycose généralisée. Les organes attaqués sont surtout les poumons, le foie et la rate. Noùs avons pu réaliser chez le Cobaye des lésions cutanées en scarifiant la peau après épilation et en faisant pénétrer dans la place une émulsion de spores; ces lésions localisées, d'ailleurs, guérissent spontanément.

Sérodiagnostic. — Le sérum sanguin du malade atteint d'acremoniose agglutine, au 1/20, 1/30, 1/40 au bout de 20 minutes, les spores d'*Acremonium*. Rien de semblable avec le sérum d'individus normaux ou avec les spores de *Sporotrichum* ou d'*Endomyces albicans* (muguet). La réaction de fixation du complément s'est montrée positive.

Nous connaissons déjà plusieurs *Acremonium* pathogènes; l'*Acremonium potroni*, Vuillemin, 1911; l'*Acremonium niveum* Boucher, 1918; l'*Acremonium muthuoni* Fontoynont et Boucher, 1922. Notre espèce diffère des espèces déjà décrites par certains de ses caractères culturaux, notamment par la coloration rouge, puis rouge sang et finalement rouge foncé de ses cultures. Il se rapproche légèrement de l'*Acremonium muthuoni*, dont les cultures sont de couleur brique. Nous pensons avoir affaire à une espèce nouvelle, à laquelle nous donnons le nom d'*Acremonium cinnabarinum*. Nous poursuivons l'étude complète biologique et biochimique de l'espèce envisagée.

BACTÉRIOLOGIE. — *Milieu de culture au sulfite de plomb pour le dépistage des Bacilles producteurs d'hydrogène sulfuré.* Note de MM. **Henri Violle**, **Albert Nabonne** et Mlle **Adeline Prudhomme**.

Il est une catégorie de Microbes généralement pathogènes, pouvant subsister plus ou moins longtemps dans les eaux, et qui ont fait l'objet de travaux remarquables, aujourd'hui classiques, de H. Vincent. La sensibilité des milieux de culture et des techniques habituellement proposées pour la recherche et l'identification de ces germes dans leur milieu naturel est très variable. La production d'hydrogène sulfuré par un grand nombre de ces Bacilles, tels que le B. typhique, le *B.* para *B*, le *B. coli*, le *B. proteus*, le *B. fæcalis alcaligenes* etc., n'a pas assez retenu l'attention des biologistes, quoique cette propriété de groupe se révèle aux analyses comme un caractère dominant.

Nous avons pensé que l'on pouvait tirer un meilleur parti des sels de plomb en ayant recours à certains d'entre eux qui apparaissent à l'usage très sensibles, et cependant de préparation aisée. Jusqu'à présent les bactériologistes utilisaient, parmi les sels de plomb, les acétates. Il semble intéressant de choisir un sel de plomb dont le radical acide conduise à un stade intermédiaire favorable à la formation du sulfure de plomb. Les sulfites paraissent à ce sujet particulièrement intéressants parce qu'ils sont aussi facilement oxydés que réduits. Ils sont en effet des termes intermédiaires entre les sulfures et les sulfates. Dans le

cas particulier, le H^2S est donc susceptible par réduction de donner facilement avec le sulfite de plomb un sulfure noir caractéristique.

Les Bacilles typhiques, incorporés à la gélose au sulfite de plomb réparti en boîtes de Petri, apparaissent après 12 à 24 heures, sous forme de colonies ponctuées, noires, nettement circonscrites, sans aucune diffusion de couleur dans la région ambiante. Les cultures en culot de gélose apparaissent noires dans le même temps, et même un peu plus intenses. Cette vitesse de réaction est directement liée à la richesse en acides aminés sulfurés du milieu de culture.

Pour préparer d'une façon très homogène un tel milieu avec un sel insoluble, on provoque au sein même de la gélose nutritive la préparation de sulfite de plomb en partant de ses éléments : sulfite de soude et acétate de plomb.

Le milieu se prépare de la manière suivante :

La gélose nutritive ordinaire au bouillon de viande est au pH 7,2. Le pH du milieu, entre 6,5 et 7,5, ne modifie en rien le résultat final.

On utilise une solution aqueuse à 10 % de sulfite anhydre de soude faite extemporanément et ajoutée directement, sans stérilisation superflue et même nuisible, à raison de 1 % à la gélose.

On utilise d'autre part une solution d'acétate de plomb neutre à 10 % stérilisée (à l'autoclave : 120°, 20 minutes). On prélève la solution à la surface, parce que plus limpide, et on l'incorpore à la gélose avant son refroidissement, à raison de $1^{cm^3},5$ %.

On refroidit très rapidement le milieu de culture ainsi préparé afin de maintenir son homogénéité.

En résumé, la recherche et l'isolement des bacilles d'origine intestinale et à caractères souvent pathogènes, producteurs de H^2S, sont aisément décelables par le milieu au sulfite de plomb qui constitue une méthode sensible, fidèle, permettant une identification ultérieure précise.

La séance est levée à 16^h30^m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 7 décembre 1942.)

Note de M. *Jean Loiseleur*, L'action des rayons X sur l'acide sulfhydrique :
Page 536, ligne 13 en remontant, *au lieu de* acide sulfurique, *lire* acide sulfhydrique.